



Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento

Kátia Fernanda Gobbi^{1*}, Rasmô Garcia², Américo Fróes Garcez Neto³, Odilon Gomes Pereira², Marília Contin Ventrella⁴, Gabriel Cipriano Rocha⁵

¹ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - UFV.

² Departamento de Zootecnia/UFV.

³ Escola de Medicina Veterinária/UFBA, Bolsista Pós-Doc. FAPESB.

⁴ Departamento de Biologia Vegetal/UFV.

⁵ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq.

RESUMO - As características morfológicas, estruturais e a produção de matéria seca (PMS) do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, cv. Basilisk) e do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*, cv. Amarillo) foram avaliadas em resposta a três níveis de sombreamento artificial (0, 50 e 70%). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Foram realizados três e dois cortes, respectivamente, para avaliação do capim-braquiária e do amendoim forrageiro. O amendoim forrageiro apresentou redução significativa na produção de matéria seca com o sombreamento apenas no segundo corte. A produção de matéria seca no capim-braquiária diminuiu linearmente nos dois primeiros cortes. O sombreamento crescente estimulou o aumento da altura média do dossel e do comprimento de pecíolos, colmos e lâminas foliares em todos os cortes das espécies avaliadas. O sombreamento promoveu diminuição linear da densidade populacional de perfilhos no dossel de braquiária em todos os cortes. O peso médio dos perfilhos, no entanto, só foi afetado no terceiro corte, quando aumentou de forma linear de acordo com os níveis de sombreamento. A relação folha:caule da gramínea e da leguminosa não foi afetada pelo sombreamento. A área foliar específica, a área foliar por folíolo e a área foliar por perfilho aumentaram significativamente com o aumento dos níveis de sombreamento. O índice de área foliar (IAF) reduziu de forma linear no segundo corte com o sombreamento do amendoim forrageiro e do capim-braquiária. O amendoim forrageiro e o capim-braquiária são forrageiras com bom potencial para avaliação e uso em sistemas silvipastoris com transmissão luminosa em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*, área foliar, *Brachiaria decumbens*, perfilhos, relação folha:caule

Morphological and structural characteristics and productivity of *Brachiaria* grass and forage peanut submitted to shading

ABSTRACT - The morphological and structural characteristics and dry matter production of signalgrass (*Brachiaria decumbens*, cv. Basilisk) and forage peanut (*Arachis pintoi*, cv. Amarillo) were evaluated in response to different shading levels (0, 50 and 70%). A randomized complete block design was used with four replications. Three and two harvests for signalgrass and forage peanut were made, respectively. Forage peanut showed significant reduction in dry matter production with shading, only in the second harvest. Dry matter production of signalgrass decreased linearly in the first and second harvest. In all the harvests evaluated, average sward height, petiole length, and stem and leaf blade length increased significantly with shading. Increasing shade levels promoted linear reduction in the tiller population density of signalgrass, in the three harvests evaluated. On the other hand, mean tiller weight was only affected in the third harvest, showing a linear increment with increasing shade levels. The leaf:stem ratio of signalgrass and forage peanut was not significantly altered by shade. Specific leaf area, leaf area per leaflet and leaf area per tiller increased with shading. Leaf area index (LAI) showed linear reduction with shading in the second harvest of forage peanut and signalgrass. Signalgrass and forage peanut have great potential for evaluation and use in silvopastoral systems where the light transmission level is around 50% of photosynthetically active radiation.

Key Words: *Arachis pintoi*, *Brachiaria decumbens*, leaf area, leaf:stem ratio, tillers

Introdução

Os sistemas silvipastoris, modalidade dos sistemas agroflorestais, são compostos de árvores, plantas forrageiras e animais herbívoros em mesma área (Garcia & Couto, 1997), com estrutura e interações planejadas. Esses sistemas oferecem como vantagens diversificação de culturas, produção de madeira e alimento, controle de erosão, aumento da fertilidade do solo (Belsky et al., 1993) e fixação de grandes quantidades de carbono atmosférico (McGregor et al., 1999).

Nos sistemas silvipastoris, a sombra criada pelas árvores modifica significativamente o microclima do sub-bosque, afetando a quantidade e a qualidade da forragem produzida (Lin et al., 1999). Assim, o sucesso desses sistemas depende da escolha de espécies capazes de se adaptar às condições impostas pelo ambiente. No caso das espécies forrageiras, não basta que sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário também que tenham boa capacidade produtiva e sejam adaptadas ao manejo e às condições edafoclimáticas da região (Garcia & Andrade, 2001).

As plantas respondem aos níveis de irradiância por meio de adaptações genéticas e aclimação fenotípica. A aclimação fenotípica às condições de radiação do ambiente ocorre principalmente durante o crescimento e a diferenciação dos órgãos de assimilação, resultando em alterações morfológicas, histológicas, ultraestruturais e bioquímicas, as quais condicionam o comportamento da planta (Lambers et al., 1998).

As respostas morfológicas das plantas sombreadas têm por objetivos evitar a sombra e aumentar a captação de luz pelos órgãos assimiladores (Lambers et al., 1998). Entre as principais respostas, destacam-se o aumento da relação parte aérea:raiz, o alongamento de caules, pecíolos e entrenós, o alongamento da lâmina foliar em gramíneas, a redução da ramificação e do perfilhamento, o aumento da área foliar específica e as alterações na relação folha:caule e no ângulo de inclinação das folhas.

As alterações morfológicas em plantas forrageiras sombreadas podem permitir à planta tolerar diferentes níveis de sombra. Assim, a capacidade de uma espécie de desenvolver um ou mais desses mecanismos de aclimação determina sua capacidade de crescer em ambientes sombreados e, portanto, seu potencial de uso em sistemas silvipastoris (Fernández et al., 2004).

Desenvolveu-se este estudo com o objetivo de avaliar as características morfológicas e estruturais e a produção de matéria seca das forrageiras *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Arachis pintoii* cv. Amarillo submetidas a três níveis de sombreamento artificial.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Agrostologia do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de dezembro de 2005 a junho de 2006. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia.

O município de Viçosa está localizado na região da Zona da Mata mineira, em altitude de 651 m acima do nível do mar, com 20° 45' 40" de latitude sul e 42° 52' 40" de longitude oeste. O tipo climático, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa e a precipitação média anual, de 1.221 mm, caracterizada por distribuição estacional, com estações seca e chuvosa bem definidas (Figuras 1 e 2).

As duas espécies forrageiras avaliadas, uma gramínea e uma leguminosa, foram braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk), já estabelecida na área, e amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. Amarillo), ambas em monocultivo.

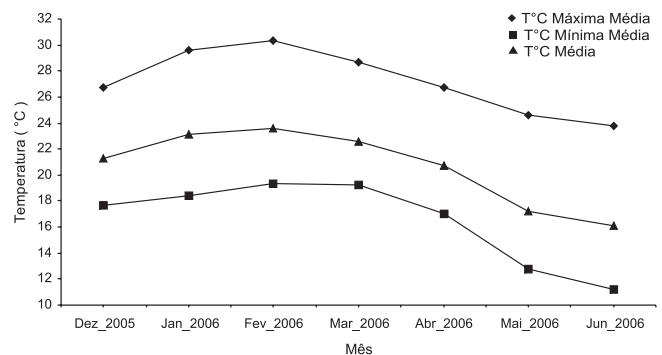


Figura 1 - Temperaturas máximas, mínimas e médias durante o período experimental, em Viçosa, Minas Gerais.

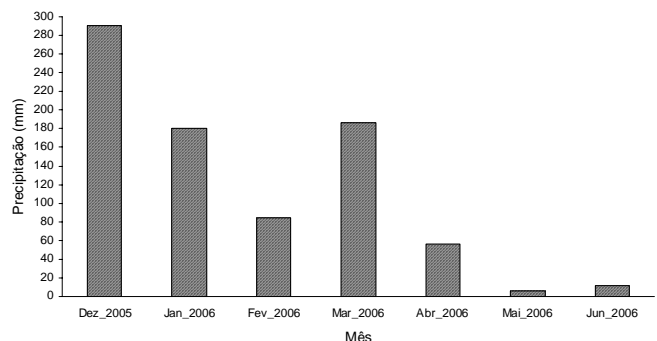


Figura 2 - Precipitação total durante o período experimental, em Viçosa, Minas Gerais.

Os tratamentos foram caracterizados por três níveis de sombreamento (0 %, sem sombreamento ou pleno sol; 50% e 70%), em delineamento em blocos completamente casualizados, com três repetições. Os níveis de 50 e 70% de sombra foram obtidos por meio de estruturas de sombreamento artificial, dispostas no campo sobre as parcelas experimentais (4 m²). As estruturas foram construídas com estacas de madeira e tubos de PVC e cobertas por telas pretas de polipropileno, permitindo 50% de transmissão luminosa (sombrite 50%) e 30% de transmissão luminosa (sombrite 70%). Cada estrutura de sombreamento (4 × 2 m) foi montada sobre duas parcelas experimentais, uma com gramínea e outra com leguminosa, cultivadas lado a lado.

Antes da delimitação das parcelas experimentais e montagem das estruturas de sombreamento, foi feito um corte de rebaixamento e uniformização do capim-braquiária estabelecido na área, utilizando-se roçadeira costal motorizada. Na sequência, a área das parcelas foi delimitada utilizando-se estacas de madeira. Considerando que a gramínea avaliada no ensaio experimental já se encontrava estabelecida, apenas as parcelas destinadas à leguminosa foram preparadas para semeadura. Nestas parcelas foi aplicado herbicida à base de glifosato visando à eliminação de todas as plantas existentes na área. Em seguida, o solo foi revolvido manualmente, com o uso de enxadas, objetivando uniformizar a parcela e facilitar a semeadura.

O amendoim forrageiro foi semeado em 21 de dezembro de 2005. A semeadura foi feita em sulcos de aproximadamente 3 cm de profundidade e espaçamento de 20 cm entre si, utilizando-se 20 kg de sementes por hectare, com taxa de germinação de 40%. No sulco de plantio, foram aplicados 100 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples. As parcelas foram irrigadas diariamente para garantir condições favoráveis à germinação das sementes. Após germinação e emergência do amendoim forrageiro, foram montadas as estruturas de sombreamento dentro de cada bloco, sobre as respectivas parcelas da gramínea e da leguminosa.

As estruturas de sombreamento, com 1,10 m de altura, foram construídas com seis estacas de madeira e sobre elas foi colocada uma armação retangular feita com tubos de PVC, coberta com a tela de sombrite correspondente a cada tratamento. As telas de sombrite foram presas nas estruturas, mantendo-se uma fração excedente de tela nas laterais, visando diminuir a penetração de luz direta nas parcelas nos horários de menor ângulo da luz solar incidente, como no início da manhã e ao final da tarde. Essas frações excedentes foram presas de forma que, em uma das laterais da estrutura, fosse possível a abertura e remoção parcial do

sombrite, permitindo os tratos culturais e a coleta de dados nas parcelas.

Para início do período experimental, realizou-se um segundo corte de uniformização das plantas de *B. decumbens* no dia 27 de janeiro de 2006. Após o corte, foi feita a adubação de cobertura, aplicando-se nitrogênio nas parcelas da gramínea 50 kg/ha de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio. Foram aplicados ainda 100 kg de P₂O₅/ha e 70 kg de K₂O/ha na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Nas parcelas da leguminosa, a adubação de cobertura foi feita apenas com potássio (70 kg de K₂O/ha), uma vez que o fósforo foi aplicado nos sulcos no momento da semeadura. Ao longo do período experimental, depois de cada corte para avaliação das plantas, repetiu-se a adubação de cobertura nas parcelas utilizando-se as mesmas quantidades de adubo.

O período de avaliação das plantas foi dividido em ciclos de crescimento, de modo que cada um se encerrou com o corte das plantas. Durante os ciclos de crescimento, as plantas foram monitoradas quanto à interceptação de luz pelo dossel, em intervalos semanais. Para avaliação da interceptação luminosa nas parcelas, utilizou-se o sensor linear LI – 191SA, de 1 m de comprimento, acoplado a um medidor de luz LI – 250, ambos da marca LI-COR, utilizado nas leituras da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), tanto acima (uma leitura) quanto na base do dossel (cinco leituras). O percentual de interceptação luminosa foi calculado como a quantidade de RFA interceptada (RFA acima do dossel menos RFA na base do dossel) dividida pela RFA acima do dossel, e o resultado multiplicado por 100. As leituras foram realizadas sem as coberturas de sombreamento em dias de céu claro.

Quando a interceptação luminosa das plantas de um dos tratamentos atingia o valor médio de 95% da luz solar incidente, eram feitas a medição da altura média do dossel e a coleta de material vegetal para avaliações laboratoriais. No capim-braquiária, foram realizados três cortes de avaliação, em 25 de fevereiro, 26 de março e 16 de junho de 2006, que corresponderam ao primeiro, segundo e terceiro cortes, respectivamente. O amendoim forrageiro foi submetido a dois cortes: o primeiro no dia 23 de março e o segundo no dia 13 de maio de 2006.

A altura média do dossel foi determinada utilizando-se régua graduada, fazendo-se a medição em cinco pontos diferentes da parcela. O material das parcelas foi coletado utilizando-se quadros de amostragem de 0,24 m² (60 × 40 cm), com coleta de uma amostra por parcela, cortando-se as plantas a 10 cm (gramínea) ou 3 cm (leguminosa) acima do nível do solo. Após as coletas para avaliações laboratoriais,

as plantas de todas as parcelas foram submetidas a corte de uniformização a 10 e 3 cm acima do nível do solo, respectivamente, para gramínea e leguminosa.

Todo o material proveniente do quadro de amostragem foi pesado retirando-se uma subamostra para contagem do número de perfilhos na gramínea e posterior separação das frações lâmina foliar, colmo e material morto (gramínea), ou folhas, caule e material morto (leguminosa). As frações de planta foram pesadas e levadas a estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Após secagem, as amostras foram pesadas para determinação da produção de matéria seca, do peso médio dos perfilhos, da porcentagem de folhas e de colmo/caule e material morto.

Para determinação da área foliar específica da gramínea, coletou-se uma amostra de 10 perfilhos por parcela, cortados no nível do solo. Todas as lâminas foliares foram removidas dos perfilhos e os valores de área foliar determinados em medidor de área foliar da marca Delta – T Devices Ltda, no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFV. Nesta amostra também foi feita a avaliação do comprimento do colmo e da folha mais jovem completamente expandida. Após medição da área foliar, as lâminas foram levadas para estufa a 65°C por 72 horas para determinação de seu peso seco. Na leguminosa, foram coletadas 20 folhas (4 folíolos/folha) em cada parcela para determinação do comprimento médio dos pecíolos, da área foliar e da área foliar específica.

O índice de área foliar (IAF) do dossel da gramínea foi calculado por meio da área foliar média por perfilho e da densidade populacional de perfilhos. No amendoim forrageiro, o IAF foi calculado com base na relação entre área foliar, peso foliar e proporção de folhas na massa total de forragem colhida.

Os dados da gramínea e da leguminosa foram analisados separadamente e os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análises de variância e de regressão. Os modelos que melhor explicaram o comportamento das variáveis foram escolhidos com base no coeficiente de determinação ajustado; na significância da regressão e da falta de ajustamento, testados pelo teste F; e na significância dos coeficientes de regressão, testada pelo teste t, com nível de significância aceitável de até 5% de probabilidade.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se os procedimentos GLM (General Linear Models) e REG disponíveis no pacote estatístico SAS (SAS, 1990).

Resultados e Discussão

As duas espécies forrageiras avaliadas apresentaram alterações morfológicas e estruturais significativas

(Tabelas 1 e 2), decorrentes do sombreamento, que afetaram a produção de matéria seca, tanto do amendoim forrageiro quanto do capim-braquiária submetidos ao sombreamento.

A produção de matéria seca (MS) do amendoim forrageiro reduziu ($P < 0,001$) com o sombreamento apenas no segundo corte (Tabela 1). No primeiro corte, apesar da maior produção de matéria seca observada para as plantas cultivadas a pleno sol, o coeficiente de variação mais elevado (14,5%) pode ter contribuído para a ausência de variações entre os níveis de sombreamento. Em trabalho realizado por Andrade & Valentim (1999), a produção de biomassa aérea do *Arachis pinto* BRA – 031143 reduziu de forma linear com os níveis de sombreamento no período chuvoso e aumentou de forma linear no período seco. Na média dos dois períodos, as plantas submetidas a 30, 50 e 70% de sombra produziram, respectivamente, 8, 14 e 15% menos biomassa aérea em comparação à testemunha.

Andrade et al. (2004), verificaram que, no período chuvoso, o amendoim forrageiro *Arachis pinto* BRA – 031143 submetido a 30, 50 e 70% de sombreamento, apresentou decréscimo na taxa de acúmulo de matéria seca de 31, 51 e 72%, respectivamente, em relação à condição a pleno sol. No cultivar *Arachis pinto* cv. Belmonte, os níveis de 30, 50 e 70% de sombreamento causaram redução de 5, 26 e 60%, respectivamente, nas taxas de acúmulo de matéria seca.

No capim-braquiária, a produção de matéria seca apresentou redução linear significativa ($P < 0,01$) nos dois primeiros cortes avaliados (Tabela 2). No primeiro corte, a redução na produção foi de 15 e 35% e, no segundo, de 41 e 69% respectivamente para os níveis de 50 e 70% de sombreamento em relação ao tratamento a pleno sol.

Castro et al. (1999) verificaram redução de 31 e 46% na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* sob 30 e 60% de sombra artificial. Paciullo et al. (2007), avaliando as características morfológicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril, observaram redução de 53% na produção de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

A maior magnitude de redução da produção de matéria seca do capim-braquiária com o aumento nos níveis de sombra, no segundo corte, pode estar relacionada à maior nebulosidade durante o período de crescimento das plantas, o que pode ter potencializado o efeito negativo da sombra. De acordo com os dados climáticos da estação meteorológica local, a nebulosidade foi 34 e 60% maior no mês de março, período do segundo corte, em comparação aos períodos do primeiro e terceiro cortes, respectivamente.

A maior cobertura de nuvens no céu diminui a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que

atinge as plantas de um dossel (Larcher, 2000), afetando principalmente aquelas que já estão sob condições de sombreamento, pois diminui ainda mais a disponibilidade de luz para seu crescimento.

No terceiro corte do capim-braquiária, a produção de matéria seca não apresentou variação significativa entre os níveis de sombreamento. Contudo, observou-se tendência de aumento no nível de 50% de sombreamento (Tabela 2), que pode estar relacionada à época do corte, realizado no mês de junho (período seco), quando os níveis de precipitação foram bastante reduzidos (Figura 2), o que contribuiu para a maior produção sob sombra, em decorrência do maior teor de umidade no solo. O mesmo não ocorreu sob 70% de sombreamento, provavelmente por ser um nível de sombreamento bastante elevado, o que limita a produção das plantas mesmo sob condições microclimáticas favoráveis. Além disso, o maior coeficiente de variação (21,9%) observado no terceiro corte do capim-braquiária pode ter contribuído para a semelhança na produção de matéria seca entre os níveis de sombreamento.

De acordo com Humphreys (1994) e Wilson (1996), o maior teor de umidade no solo, associado à temperatura mais moderada sob sombra, pode aumentar a taxa de mineralização do nitrogênio, da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem do nitrogênio em comparação ao que ocorre a pleno sol. A maior disponibilidade de nitrogênio em solos sob sombra natural ou artificial tem sido relatada em vários trabalhos e esses relatos geralmente estão associados a ambientes sob restrição hídrica (Wilson & Wild, 1995).

Apesar de algumas plantas forrageiras serem mais tolerantes ao sombreamento, de modo geral, a diminuição da intensidade luminosa provoca redução na produtividade das plantas (Eriksen & Whitney, 1981), uma vez que a sombra impõe limitações à sua atividade fotossintética. A aclimação morfológica das forrageiras à baixa irradiância representa uma estratégia adaptativa para compensar, pelo menos em parte, a menor taxa fotossintética por unidade de área foliar.

Alterações no ambiente luminoso de um dossel forrageiro podem ser caracterizadas tanto quantitativa quanto qualitativamente. Além da quantidade de luz, a qualidade espectral da luz (menor relação vermelho: vermelho extremo) que atinge o sub-bosque de um sistema silvipastoril também pode influenciar a morfologia das plantas (Feldhake, 2001). Neste estudo, diferente do que ocorre em sub-bosques florestais, as coberturas de sombrite forneceram sombra neutra às plantas (Stuefer & Huber, 1998), pois não modificaram a composição espectral da radiação transmitida. Assim, as alterações morfológicas e estruturais observadas neste trabalho se devem, principalmente, às mudanças na quantidade de radiação incidente.

A altura média do dossel (AMD) do amendoim forrageiro e do capim-braquiária aumentou de forma linear ($P < 0,01$) e quadrática ($P < 0,05$), respectivamente, com o sombreamento crescente em todos os cortes avaliados (Tabelas 1 e 2). No capim-braquiária, a maior altura do dossel foi observada com 50% de sombreamento (Tabela 2).

Tabela 1 - Características morfológicas, estruturais e produção de matéria seca de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) submetido a três níveis de sombreamento artificial

Variável	Sombreamento (%)			Equação	CV (%)
	0	50	70		
Produção de matéria seca (kg/ha)	1752,1	1386,1	1448,3	ns	14,5
Altura média do dossel (mm)	86,7	120,6	127,3	$Y = 87,5556 + 0,6000^{**}x; r^2 = 0,96$	10,8
Comprimento pecíolo (mm)	49,7	64,3	69,7	$Y = 49,7350 + 0,2872^{***}x; r^2 = 0,91$	4,2
Folha (%)	63,9	71,4	65,7	ns	6,0
C 1 Caule (%)	36,2	28,6	34,3	ns	12,3
Relação folha:colmo	1,9	2,5	2,0	ns	14,5
Área foliar/folículo (cm ²)	6,1	9,0	10,0	$Y = 6,1220 + 0,0549^{***}x; r^2 = 0,97$	6,2
Área foliar específica (cm ² /g)	241,3	274,7	294,7	$Y = 240,4729 + 0,7439^{*}x; r^2 = 0,82$	8,2
Índice de área foliar	2,7	2,7	2,8	ns	14,5
Produção de matéria seca (kg/ha)	1774,8	1304,5	1067,8	$Y = 1781,2222 - 9,9667^{***}x; r^2 = 0,89$	7,0
Altura média do dossel (mm)	72,7	103,3	107,4	$Y = 74,5556 + 0,4667^{***}x; r^2 = 0,91$	7,8
Comprimento do pecíolo (mm)	37,4	53,2	54,7	$Y = 38,0479 + 0,2594^{***}x; r^2 = 0,94$	6,7
Folha (%)	70,0	70,9	69,1	ns	1,6
C 2 Caule (%)	30,0	29,1	30,9	ns	3,6
Relação folha:colmo	2,3	2,4	2,3	ns	4,9
Área foliar/folículo (cm ²)	4,3	6,6	7,1	$Y = 4,3719 + 0,0362^{***}x; r^2 = 0,90$	6,8
Área foliar específica (cm ² /g)	213,4	263,2	274,8	$Y = 214,5131 + 0,8993^{***}x; r^2 = 0,99$	3,5
Índice de área foliar	2,6	2,4	2,0	$Y = 2,6857 - 0,0080^{*}x; r^2 = 0,67$	4,7

Significativo = *** 0,1%; ** 1%; * 5%.

ns = não-significativo.

Tabela 2 - Características morfológicas, estruturais e produção de matéria seca (PMS) do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) submetido a três níveis de sombreamento artificial

Variável	Sombreamento (%)			Equação	CV (%)
	0	50	70		
Produção de matéria seca (kg/ha)	2867,3	2436,0	1864,3	$Y = 2918,4444 - 13,2333^{***}x; r^2 = 0,78$	6,7
Área média do dossel (mm)	392,3	542,7	537,3	$Y = 392,0000 + 5,3681^{**}x - 0,0471^{*}x^2; r^2 = 0,98$	5,8
Densidade populacional de perfilhos (n°/m ²)	1677,0	1186,0	866,0	$Y = 1693,1025 - 11,2526^{***}x; r^2 = 0,96$	11,9
Peso médio do perfilho (g MS)	0,7	0,7	0,6	ns	13,4
Corte lâmina (mm)	198,3	308,7	320,2	$Y = 198,3333 + 3,3721^{**}x - 0,0233^{*}x^2; r^2 = 0,99$	5,6
C 1 Corte colmo (mm)	246,5	398,8	428,8	$Y = 250,4658 + 2,6897^{***}x; r^2 = 0,97$	8,8
Lâmina (%)	57,2	52,4	53,8	ns	3,9
Colmo (%)	42,8	47,6	46,1	ns	4,7
Relação lâmina:colmo	1,3	1,1	1,2	ns	8,6
Área foliar/perfilho (cm ²)	56,4	92,9	93,7	$Y = 56,4467 + 1,2195^{***}x - 0,0098^{*}x^2; r^2 = 0,98$	4,7
Área foliar específica (cm ² /g)	218,9	302,1	319,9	$Y = 220,8860 + 1,4851^{***}x; r^2 = 0,85$	3,4
Índice de área foliar	3,6	3,9	3,2	ns	6,3
Produção de matéria seca (kg/ha)	2938,0	1726,3	889,3	$Y = 2983,5299 - 28,3077^{***}x; r^2 = 0,95$	6,5
Altura média do dossel (mm)	380,7	511,0	455,7	$Y = 380,6667 + 6,4681^{***}x - 0,0771^{**}x^2; r^2 = 0,98$	5,7
Densidade populacional de perfilhos (n°/m ²)	1702,3	946,3	516,0	$Y = 1718,8633 - 16,6077^{***}x; r^2 = 0,95$	9,9
Peso médio do perfilho (g MS)	0,4	0,5	0,4	ns	17,9
Corte lâmina (mm)	199,8	294,3	269,0	$Y = 199,8000 + 4,1400^{***}x - 0,0450^{***}x^2; r^2 = 0,94$	2,3
C 2 Corte colmo (mm)	219,5	318,8	256,9	$Y = 219,5333 + 5,6165^{**}x - 0,0726^{**}x^2; r^2 = 0,94$	7,3
Lâmina (%)	58,8	62,2	66,8	ns	4,3
Colmo (%)	35,0	35,9	30,0	ns	2,7
Relação lâmina:colmo	1,7	1,8	2,3	ns	9,7
Área foliar/perfilho (cm ²)	54,3	87,6	70,4	$Y = 54,2800 + 1,7565^{*}x - 0,0218^{*}x^2; r^2 = 0,86$	12,2
Área foliar específica (cm ² /g)	240,9	316,8	335,2	$Y = 242,4154 + 1,3799^{***}x; r^2 = 0,93$	3,4
Índice de área foliar	4,4	3,5	2,0	$Y = 4,5361 - 0,0310^{***}x; r^2 = 0,85$	9,6
Produção de matéria seca (kg/ha)	2257,2	3033,2	1948,2	ns	21,9
Altura média do dossel (mm)	240,0	620,0	606,0	$Y = 239,6667 + 13,5281^{**}x - 0,1184^{*}x^2; r^2 = 0,97$	10,9
Densidade populacional de perfilhos (n°/m ²)	1222,7	823,0	560,0	$Y = 1236,2051 - 9,1885^{***}x; r^2 = 0,87$	13,9
Peso médio do perfilho (g MS)	0,3	0,7	0,8	$Y = 0,3523 + 0,0074^{***}x; r^2 = 0,88$	29,3
Corte lâmina (mm)	128,4	267,6	290,3	$Y = 132,6299 + 2,4039^{***}x; r^2 = 0,95$	7,9
Corte colmo (mm)	128,8	374,2	395,7	$Y = 138,6026 + 4,0241^{***}x; r^2 = 0,92$	12,6
C 3 Lâmina (%)	46,8	51,6	51,7	ns	10,3
Colmo (%)	31,8	39,7	40,3	$Y = 32,3326 + 0,1236^{*}x; r^2 = 0,79$	10,4
Material morto (%)	21,4	8,2	8,6	$Y = 21,3933 - 0,4691^{**}x + 0,0041^{*}x^2; r^2 = 0,96$	14,1
Relação lâmina:colmo	1,5	1,3	1,3	ns	24,2
Área foliar/perfilho (cm ²)	27,3	90,6	101,8	$Y = 29,0666 + 1,1038^{**}x; r^2 = 0,92$	27,9
Área foliar específica (cm ² /g)	170,4	223,6	235,7	$Y = 171,5978 + 0,9575^{***}x; r^2 = 0,94$	4,4
Índice de área foliar	2,3	3,8	2,6	ns	24,0

Significativo = *** 0,1%; ** 1%; * 5%.

ns = não-significativo.

O aumento da altura média do dossel sob sombra está diretamente relacionado ao maior comprimento do pecíolo, colmo e da lâmina foliar das plantas submetidas ao sombreamento. O comprimento do pecíolo das plantas de amendoim forrageiro aumentou linearmente ($P < 0,001$) de acordo com os níveis de sombreamento (Tabela 1). O comprimento do colmo das plantas de capim-braquiária, por sua vez, aumentou linearmente ($P < 0,01$) no primeiro e terceiro cortes com o sombreamento crescente, e de forma quadrática ($P < 0,01$) no segundo corte, atingindo o maior valor no nível de 50% de sombreamento. O comprimento da lâmina foliar do capim-braquiária apresentou aumento quadrático ($P < 0,05$) nos dois primeiros cortes e linear ($P < 0,01$) no terceiro corte (Tabela 2).

Maior altura das plantas de *Arachis pintoi* submetidas ao sombreamento também foi observada por Andrade & Valentim (1999). Marcuvitz & Turkington (2000) e Garcez Neto (2006) verificaram aumentos significativos no comprimento do pecíolo das leguminosas trevo-branco e trevo-vermelho, respectivamente, com o sombreamento. Estudos realizados com gramíneas de clima temperado e tropical também confirmaram o maior comprimento de colmos e lâminas foliares em plantas sombreadas, contribuindo para a maior altura do dossel (Castro et al., 1999; Lin et al., 2001; Garcez Neto, 2006; Peri et al., 2007).

As plantas geralmente respondem às condições ambientais subótimas por meio de redução na taxa de crescimento e alterações na alocação de nutrientes para

diminuir a limitação do crescimento causada por determinado fator individual. O comprimento de caules e pecíolos de plantas sombreadas é bastante elevado, juntamente com o aumento da área foliar específica e a redução da área foliar total e da espessura da folha (Lambers et al., 1998). Essas alterações morfológicas sob sombra compensam a deficiência de luz (Samarakoon et al., 1990), uma vez que a baixa disponibilidade de radiação afeta primeiramente a fotossíntese, que, por sua vez, pode reduzir o suprimento de carbono para o crescimento (Lambers et al., 1998).

O maior comprimento de caules e pecíolos pode representar um esforço da planta para aumentar o acesso à luz disponível (Peri et al., 2007), promovendo melhor arranjo espacial das folhas e fazendo com que as plantas interceptem e utilizem a luz de forma mais eficiente (Lin et al., 2001).

As plantas podem se aclimatar ao seu ambiente luminoso por meio de diferentes estratégias e em diferentes níveis. Elas podem alterar a arquitetura do dossel, modificando sua capacidade de interceptar a luz disponível. Esses mecanismos de aclimação podem permitir que as plantas tolerem diferentes níveis de sombreamento (Fernández et al., 2004).

A maior altura do dossel do capim-braquiária sob 50% de sombra, apesar de em média o comprimento de colmos e lâminas foliares ter sido maior sob 70% de sombra (Tabela 2), pode estar relacionado à posição mais ereta das lâminas foliares naquele nível de sombreamento. O maior comprimento de lâminas foliares, juntamente com a maior área foliar específica e a menor espessura das folhas sob 70% de sombreamento, pode ter colaborado para a maior flexibilidade e maior curvatura dessas folhas sob sombra, diminuindo a altura média do dossel (Gobbi, 2007).

Outro fator que pode interferir na AMD é o ângulo de inclinação das folhas. Peri et al. (2004) observaram que o aumento concomitante da área foliar efetiva e do comprimento da lâmina foliar da gramínea *Dactylis glomerata* reduziu o ângulo foliar médio do dossel com o sombreamento. Em estudo realizado por Paciullo et al. (2007), os autores observaram que as plantas de *Brachiaria decumbens* que se desenvolveram sob a copa de árvores em sistema silvipastoril apresentaram arquitetura foliar mais horizontal em comparação àquelas desenvolvidas sob radiação solar plena, o que contribuiu para o aumento da interceptação luminosa, apesar do baixo índice de área foliar. De acordo com Fernández et al. (2004), sob sombreamento, as folhas apresentam ângulo de inclinação mais horizontal para aumentar a eficiência de interceptação da radiação incidente, fato que pode concorrer para a menor altura do dossel.

Os níveis crescentes de sombra também promoveram diminuição linear ($P < 0,001$) da densidade populacional de

perfilhos (n°/m^2) no dossel do capim-braquiária em todos os cortes avaliados. Por outro lado, o peso médio dos perfilhos (PMP) só foi afetado de modo significativo no terceiro corte, com aumento linear ($P < 0,01$) de acordo com os níveis de sombra (Tabela 2). Esse aumento no peso dos perfilhos pode estar relacionado ao aumento significativo e linear ($P < 0,001$) no comprimento da lâmina foliar e do colmo sob níveis crescentes de sombreamento.

A gramínea *Dactylis glomerata* apresentou redução na população de perfilhos (Peri et al., 2007) e no peso do perfilho quando submetida a níveis crescentes de sombra (Belesky, 2005a). Garcez Neto (2006), trabalhando com gramíneas de clima temperado, observou redução na densidade populacional de perfilhos em plantas sombreadas, porém, com leve compensação entre o peso e o número de perfilhos entre as espécies.

A menor densidade populacional de perfilhos (DPP) está relacionada à menor quantidade de radiação que penetra no dossel forrageiro, a qual promove a ativação de gemas axilares e basais para formação de novos perfilhos (Bahmani et al., 2000). Além disso, sob baixa irradiância, o suprimento reduzido de fotoassimilados é alocado preferencialmente para os perfilhos existentes, em detrimento às gemas axilares (Robson et al., 1988), inibindo a produção de novos perfilhos.

Como a produção de forragem é produto da densidade populacional de perfilhos e do peso do perfilho (Valentine & Matthew, 2000), a diminuição da densidade populacional de perfilhos com o sombreamento e a não-alteração do peso médio dos perfilhos do capim-braquiária ajudam a explicar a menor produção dessa gramínea sob sombra nos dois primeiros cortes. No terceiro corte, apesar da redução na densidade populacional de perfilhos, o aumento do peso médio do perfilho com o aumento dos níveis de sombra pode justificar, em parte, a não-alteração significativa da produção de matéria seca entre os níveis de sombreamento.

A proporção de folhas e caule e a relação folha:caule na biomassa aérea do amendoim forrageiro não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos níveis de sombreamento. Por outro lado, a área foliar específica (cm^2/g) e a área foliar por folíolo aumentaram de forma linear ($P < 0,05$) com o sombreamento. Apesar do aumento na área foliar por folíolo, o índice de área foliar (IAF) do amendoim forrageiro não foi significativamente afetado pelos níveis de sombreamento no primeiro corte e sofreu redução linear ($P < 0,05$) do aumento do sombreamento no segundo corte (Tabela 1).

Nas plantas de braquiária, as proporções de lâmina foliar e colmo, bem como a relação lâmina:colmo, não foram afetadas pelo sombreamento, exceto no terceiro corte,

quando a proporção de colmo aumentou linearmente ($P < 0,05$), sem, contudo, afetar a relação lâmina:colmo. A área foliar por perfilho aumentou ($P < 0,05$) com o sombreamento, assim como a área foliar específica (AFE). O índice de área foliar do capim-braquiária, no entanto, não sofreu alterações com os níveis de sombreamento no primeiro e terceiro corte, mas apresentou redução linear no segundo corte com o aumento nos níveis de sombra (Tabela 2).

Em estudo realizado por Paciullo et al. (2007), a *Brachiaria decumbens* também apresentou folhas maiores e mais delgadas e aumento da área foliar específica sob sombreamento natural, o que evidencia tentativa de melhorar a eficiência de utilização da radiação disponível pelas plantas. Allard et al. (1991) também observaram aumento linear na área foliar efetiva da gramínea *Festuca arundinacea* submetida a diferentes níveis de sombreamento. Em trabalho realizado por Lin et al. (2001), as espécies forrageiras avaliadas apresentaram aumento significativo na área foliar por lâmina e por folíolo sob sombreamento. A área foliar efetiva, no entanto, aumentou quando as plantas se desenvolveram sob 50% de sombreamento, em relação àquelas a pleno sol.

Belesky (2005b), trabalhando com a gramínea *Dactylis glomerata* sob sombreamento, concluiu que o aumento da área foliar efetiva nas plantas sob sombra e o padrão de alocação de recursos para produção de folhas sugerem que esta espécie é capaz de sustentar a produção de folhas quando submetida simultaneamente a estresse luminoso e à desfolhação. Garcez Neto (2006) também observou aumento da área foliar efetiva das gramíneas *Lolium perenne* e *Dactylis glomerata* e da leguminosa *Trifolium pratense* quando submetidas ao sombreamento.

Em condições de baixa irradiância, as plantas investem relativamente maior proporção de fotoassimilados e outros recursos no aumento da área foliar, apresentando maior área foliar efetiva e folhas com menor densidade de massa. Geralmente essas alterações visam aumentar a área de captação da luz incidente, melhorando a eficiência fotossintética da planta (Lambers et al., 1998). De acordo com Evans & Poorter (2001), o aumento da área foliar efetiva é o fator mais importante no aumento do ganho de carbono por unidade de massa foliar sob condições de baixa luminosidade.

O índice de área foliar é uma medida importante para caracterizar a interceptação luminosa e o potencial de produção de plantas em diferentes ambientes (Hikosaka, 2005) e alguns estudos com plantas forrageiras confirmam a redução desse índice em dosséis de plantas sombreadas (Wong & Stür, 1995; Garcez Neto, 2006).

Neste estudo as espécies avaliadas não apresentaram grandes variações no índice de área foliar sob sombra. A redução no índice de área foliar do amendoim forrageiro no segundo corte, apesar do aumento da área foliar por folíolo, pode estar relacionado à redução no número total de folhas das plantas sombreadas, em decorrência do menor número de ramificações. Na sombra, a ramificação das plantas reduz com o aumento da dominância apical, diminuindo a área foliar total da planta (Lambers et al., 1998).

Como o índice de área foliar em gramíneas é produto da densidade populacional de perfilhos e da área foliar por perfilho (Matthew et al., 2000), o aumento da área foliar por perfilho, apesar da redução na densidade populacional de perfilhos sob sombra, pode ter contribuído para a não-alteração desse índice no capim-braquiária no primeiro e terceiro corte. No segundo corte, o aumento na área foliar por perfilho não compensou a significativa redução na densidade populacional de perfilhos, contribuindo para a maior redução da produção de matéria seca da gramínea sob sombra.

No primeiro e terceiro cortes do capim-braquiária, a redução média na densidade populacional de perfilho foi de 31 e 51% sob 50 e 70% de sombra, enquanto no segundo corte foi de 44 e 69%, respectivamente. De acordo com Peri et al. (2007), a redução na intensidade luminosa e as alterações na qualidade da luz sob sombra promovem redução no perfilhamento e diminuem o índice de área foliar de gramíneas. Em virtude da quantidade bastante reduzida, a produção de material morto não pôde ser calculada nos cortes do amendoim forrageiro e no primeiro corte do capim-braquiária.

No segundo corte, a proporção de material morto não foi afetada pelos níveis de sombreamento, mas apresentou resposta quadrática ($P < 0,05$) aos níveis de sombreamento no terceiro corte (Tabela 2). A proporção de material morto foi 62 e 60% menor sob os níveis de 50 e 70% de sombra, respectivamente, em comparação ao valor obtido a pleno sol.

Wilson et al. (1990) verificaram que a proporção de folhas verdes foi maior e a de material morto, menor, nas plantas de *Paspalum notatum* no sub-bosque de *Eucalyptus grandis*. Em estudo com sombreamento artificial, Castro et al. (1999) também observaram redução no acúmulo de material morto de algumas gramíneas tropicais. Os autores sugeriram que a redução no acúmulo de material morto em plantas sombreadas, ou a sua não-alteração, pode estar relacionada às condições microclimáticas do ambiente sombreado, como o maior teor de umidade do solo e as temperaturas mais amenas.

Em estudo realizado por Cruz (1997), esse autor constatou redução no acúmulo de tecidos mortos da

gramínea tropical *Dichanthium aristatum* submetida a sombreamento crescente e sugeriram que as plantas priorizam as folhas verdes na alocação de carbono e nitrogênio sob sombra. De acordo com Reich et al (1991), as espécies tolerantes à sombra apresentam maior longevidade das folhas, ou seja, mantêm suas folhas verdes por período mais longo e aumentam seu potencial de retorno fotossintético, compensando a redução da radiação incidente.

Conclusões

As alterações morfológicas e estruturais das espécies forrageiras *Arachis pintoii* cv. Amarillo (amendoim forrageiro) e *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (braquiária) são típicas de plantas submetidas a ambiente de baixa luminosidade. *Arachis pintoii* cv. Amarillo e *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk são forrageiras com potencial para avaliação em sistemas silvipastoris com nível de transmissão luminosa em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa.

Literatura Citada

- ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, v.31, p.163-167, 1991.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoii* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.439-445, 1999.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- BAHMANI, I.; HARZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long- and short-leaved Perennial Ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v.40, p.1095-1102, 2000.
- BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: I. Dry matter production and partitioning. **Agroforestry Systems**, v.65, p.81-90, 2005a.
- BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: II. Mechanisms of leaf dry matter production. **Agroforestry Systems**, v.65, p.91-98, 2005b.
- BELSKY, A.J.; MWONGA, S.M.; AMUNDSON, R.G. et al. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environment in high- and low-rainfall savannas. **Journal of Applied Ecology**, v.30, p.143-155, 1993.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CRUZ, P. Effect of shade on the carbon and nitrogen allocation in a perennial tropical grass, *Dichanthium aristatum*. **Journal of Experimental Botany**, v.48, n.306, p.15-24, 1997.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effect of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v.73, p.427-433, 1981.
- EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.
- FELDHAKE, C.M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia. **Agroforestry Systems**, v.53, p.297-303, 2001.
- FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and forage orientation. **Agroforestry Systems**, v.60, p.159-166, 2004.
- GARCEZ NETO, A.F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. 2006. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S. Sistemas silvipastoris na região sudeste. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: OPÇÕES DE SUSTENTABILIDADE PARA ÁREAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS, 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Brasília: FAO, 2001.
- GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: DZO/UFV, 1997. p.281-302.
- GOBBI, K.F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento**. 2007. 82f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- HIKOSAKA, K. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover. **Annals of Botany**, v.95, p.521-533, 2005.
- HUMPHREYS, L.R. **Tropical forages: their role in sustainable agriculture**. New York: Longman Scientific & Technical, 1994. 193p.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.
- LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F., et al. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, v.44, p.109-119, 1999.
- LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.59, p.269-281, 2001.
- MARCUVITZ, S.; TURKINGTON, R. Differential effects of light quality, provided by different grass neighbours, on the growth and morphology of *Trifolium repens* L. (white clover). **Oecologia**, v.125, p.293-300, 2000.
- MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p.127-150.
- McGREGOR, E.; MACKAY, A.; DODD, M. et al. Silvopastoralism using tended poplars on New Zealand hill country: In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 61., 1999, Hawkes Bay. **Proceedings...** Hawkes Bay, 1999. p.85.
- PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007.
- PERI, P.L.; MOOT, D.J.; LUCAS, R.J. et al. Morphological and anatomical adaptations of Cocksfoot leaves grown under different fluctuating light regimes in New Zealand. In: WORLD CONGRESS OF AGROFORESTRY, 1., 2004, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 2004. p.390.
- PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v.70, p.63-79, 2007.

- REICH, P.B.; UHL, C.; WALTERS, M.B. et al. Leaf life-span as a determinant of leaf structure and function among 23 amazonian tree species. **Oecologia**, v.86, p.16-24, 1991.
- ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Eds.) **The grass crop**. London: Chapman & Hall, 1988. p.25-83.
- SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology, and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus*, and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.161-169, 1990.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Version 6.4, v.1. Cary: SAS Institute, 1990. 943p.
- STUEFER J.F.; HUBER, H. Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stoloniferous *Potentilla* species. **Oecologia**, v. 117, p.1-8, 1998.
- VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J., HODGSON, J. (Eds.) **New Zealand pasture and crop science**. Auckland: Oxford University Press, 2000. p.11-27.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.1075-1093, 1996.
- WILSON, J.R.; HILL, K.; CAMERON, D.M. et al. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grasslands**, v.24, p.24-48, 1990.
- WILSON, J.R.; WILD, D.W.M. Nitrogen availability and grass yield under shade environments. In: MULLEN, B.F.; SHELTON, H.M. (Eds.) **Integration of ruminants into plantation systems in southeast Asia**. Canberra: ACIAR, 1995. p.42-48. (Publication, 64).
- WONG, C.C.; STÜR, W.W. Mechanisms of persistence in tropical forages to defoliation under shade. In: MULLEN, B.F., SHELTON, H.M. (Eds.) **Integration of ruminants into plantation systems in southeast Asia**. Canberra: ACIAR, 1995. p.37-41. (Publication, 64).